

RU 2018784 C1

SUPERCONDUCTING MAGNETIC SUSPENSION

In a suspension, to a superconducting surface of an inertial body a continuous layer of a non-superconducting material 3 is applied, having a thickness $h \geq \frac{H_0}{KH_{cr}} d_0$, where H_0 is the rated intensity of magnetic field in the working gap of the suspension; H_{cr} is the critical value of the magnetic field intensity for the superconducting material of the inertial body; d_0 is the rated working gap between the short-circuited superconducting coils and the inertial body; K is the limiting factor of the maximum magnetic body intensity. Under the effect of acceleration the inertial body moves, with one working gap decreasing and the other increasing. The magnetic force in the decreasing gap increases, since the field intensity grows (the force being proportional to the square of field intensity). In the increasing gap the force decreases. An increase in the force is directed against the effect of acceleration. The inertial body stops with the balance of forces, when the inertial and magnetic forces are equal.



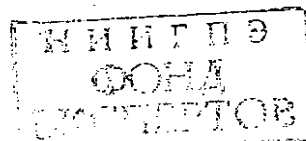
(19) RU

(11) 2018784

(13) C1

(51) 5 G 91 C 12/24

Комитет Российской Федерации
по патентам и товарным знакам



(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ
к патенту Российской Федерации

(21) 4941353/22

(22) 08.04.91

(46) 30.08.94 Бюл. № 16

(71) Центральный научно-исследовательский институт "Электроприбор"

(72) Буравлев А.П.; Левин Л.А.; Мумин О.Л.; Рябова Л.П.

(73) Буравлев Анатолий Петрович

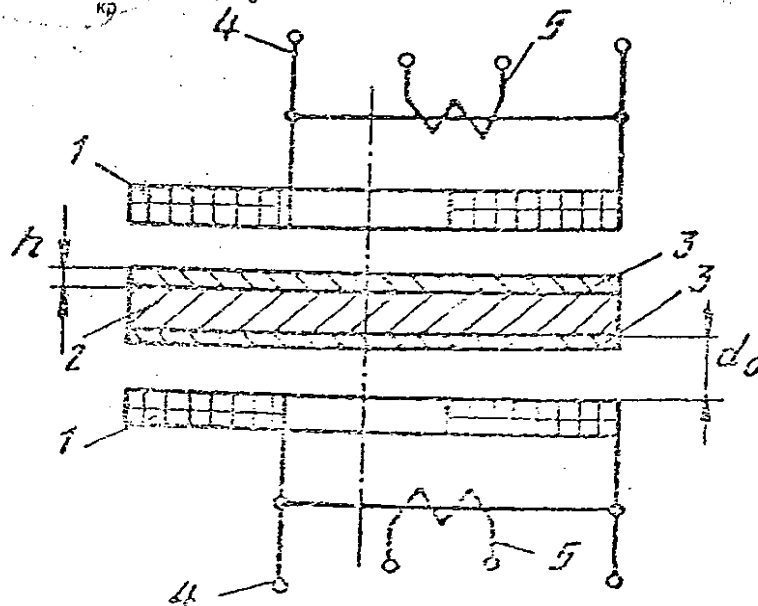
(56) Колодеев И.Д. Сверхпроводящие электромагнитные опоры и подвесы. М.: Минобороны, 1972, с.139-175.

(54) СВЕРХПРОВОДЯЩИЙ МАГНИТНЫЙ ПОДВЕС

(57) Изобретение относится к прецизионному приборостроению. Целью изобретения является повышение надежности. В подвесе на сверхпроводящую поверхность инерционного тела 2 наносят сплошной слой несверхпроводящего ма-

териала 3 толщиной $h \geq \frac{H_0}{K N_{кр}} d_0$, где H_0 - но-

минальная напряженность магнитного поля в рабочем зазоре подвеса; $N_{кр}$ - критическое значение напряженности магнитного поля для сверхпроводящего материала инерционного тела; d_0 - номинальный рабочий зазор между короткозамкнутыми сверхпроводящими катушками и инерционным телом; K - коэффициент ограничения напряженности максимального магнитного тела. При действии ускорения инерционное тело перемещается, при этом один рабочий зазор уменьшается, другой увеличивается. Магнитная сила в зазоре, который уменьшается, возрастает, так как растет напряженность поля (сила пропорциональна квадрату напряженности поля). В зазоре, который увеличивается, сила уменьшается. Увеличение силы направлено против действия ускорения. Инерционное тело останавливается при балансе сил, когда инерционная и магнитная силы равны. 1-ил.



RU

2018784

C1

Изобретение относится к прецизионному приборостроению и может быть использовано при производстве криогенных чувствительных элементов, предназначенных для навигационных систем.

Известен сверхпроводящий магнитный подвес (прототип), содержащий корпус, закрепленные на нем две короткозамкнутые сверхпроводящие катушки, подвешенное между ними инерционное тело в виде диска из сверхпроводящего материала, ось которого совмещена с осью короткозамкнутых катушек, и сверхпроводящий включатель.

Недостатком прототипа является низкая надежность, связанная с возможностью при перегрузках превышения значений критического магнитного поля.

Целью изобретения является повышение надежности.

Указанная цель достигается тем, что в сверхпроводящем магнитном подвесе, содержащем корпус, закрепленные на нем две короткозамкнутые сверхпроводящие катушки, подвешенное между ними инерционное тело в виде диска из сверхпроводящего материала, ось которого совмещена с осью короткозамкнутых катушек, и сверхпроводящий включатель, на обе поверхности инерционного тела нанесен слой несверхпроводящего металла толщиной

$$h \geq \frac{H_0}{K H_{кр}} d_0,$$

где H_0 - номинальное значение напряженности магнитного поля при номинальном рабочем зазоре d_0 между короткозамкнутой катушкой и инерционным телом;

$H_{кр}$ - критическое значение напряженности магнитного поля сверхпроводящего материала инерционного тела, равное $H_{к1}$ для сверхпроводника II рода;

K - коэффициент ограничения напряженности максимального магнитного поля ($K \leq 1$).

На чертеже изображена принципиальная схема подвеса со сплошным слоем несверхпроводящего металла.

На схеме показаны катушка 1 сверхпроводящего магнитного подвеса, инерционное тело 2, несверхпроводящий слой 3 металла, токоввод 4, нагреватель 5 сверхпроводящего выключателя.

Катушки 1 сверхпроводящего магнитного подвеса жестко закреплены в корпусе прибора (не показан). Катушки изготовлены из сверхпроводящего провода, например ниобиевого. Концы каждой катушки замкнуты накоротко сверхпроводящим соединени-

ем, например сварены. Катушки могут быть изготовлены из одного куска сверхпроводящего материала в виде кольца. Между катушками на расстоянии рабочего зазора d_0 свободно висит инерционное тело 2 в виде диска, изготовленное из сверхпроводящего материала, например, ниобия или из несверхпроводящего материала, например, титана, и покрытое слоем сверхпроводящего материала. На сверхпроводящую поверхность инерционного тела 2 нанесен сплошной слой 3 несверхпроводящего материала толщиной h . Толщина определяется по выражению

$$h \geq \frac{H_0}{K H_{кр}} d_0,$$

где H_0 - номинальная напряженность магнитного поля в рабочем зазоре в наиболее узком месте;

$H_{кр}$ - критическое значение напряженности магнитного поля сверхпроводящего материала диска;

K - коэффициент ограничения максимального магнитного поля (коэффициент запаса).

Устройство работает следующим образом.

Сверхпроводящий магнитный подвес вместе с прибором, в котором он установлен, охлаждается системой охлаждения (не показана) ниже температуры перехода материала в сверхпроводящее состояние (для ниобия $T_k = 9,25$ K). Затем в катушки магнитного подвеса вводят магнитный поток, так чтобы поле в рабочем зазоре составляло номинальную величину H_0 . Это может быть выполнено несколькими способами.

К выводным концам сверхпроводящей катушки припаивают два токоввода 4, а на сверхпроводящий провод вывода наматывают нагреватель 5. К тоководам 4 подключают источник тока (не показан); к нагревателю 5 подключают источник питания.

Включают нагреватель 5 и разрушают сверхпроводимость участка провода под нагревателем. Вводят ток в катушку 1. Отключают нагреватель 5. Охлаждают провод до температуры сверхпроводимости. Отключают источник тока от токовводов. В катушки 1 введен ток, а магнитный поток в рабочем зазоре создает напряженность поля. Подвес готов к работе.

При действии ускорения инерционное тело перемещается, при этом один рабочий зазор уменьшается, другой увеличивается. Магнитная сила в зазоре, который уменьшается, возрастает, так как растет напряжен-

ность поля (сила пропорциональна квадрату напряженности поля). В зазоре, который увеличивается, сила уменьшается. Увеличение силы направлено против действия ускорения. Инерционное тело остановится при балансе сил, когда инерционная и магнитная силы равны.

Это описывается выражением

$$2\mu_0 H_0^2 \frac{x}{d_0} C_{o.n} = mg, \quad (1)$$

где μ_0 - магнитная проницаемость вакуума;

x - смещения инерционного тела от нулевого положения;

$S_{o.n}$ - опорная площадь подвеса, равная в первом приближении площади катушки;

mg - масса ИТ и ускорение силы тяжести.

Данное техническое решение исключает возможность превышения полем критического значения (H_{c1}). Для этого на поверхность инерционного тела наносится слой несверхпроводящего материала толщиной h , которая выбирается по выражению

$$h \geq \frac{H_0}{KH_{c1}} d_0, \quad (2)$$

где H_0 - номинальная напряженность магнитного поля в рабочем зазоре, может быть вычислена по геометрическим параметрам подвеса, индуктивности катушки и токе в катушке или измерено магнитометром. Очевидно, что H_0 не может быть больше H_{c1} . Коэффициент запаса K всегда должен быть ≤ 1 . Рассмотрим это аналитически. При смещении инерционного тела, поле в зазоре изменяется

$$H_x = \frac{H_0}{1 - \frac{x}{d_0}}, \quad (3)$$

Формула изобретения

СВЕРХПРОВОДЯЩИЙ МАГНИТНЫЙ ПОДВЕС, содержащий корпус, закрепленные на нем две короткозамкнутые сверхпроводящие катушки, подвешенное между ними инерционное тело в виде диска из сверхпроводящего материала, ось которого совмещена с осью короткозамкнутых катушек, сверхпроводящий выключатель, отличающийся тем, что, с целью повышения надежности, на обе поверхности инерционного тела нанесен слой несверхпроводя-

щего металла толщиной h , при котором максимальное значение x_{max} равно $x = d_0 - h$, (4), подставляя это в (3) с учетом (2), получим

$$H_{x_{max}} = \frac{H_0}{1 - \frac{d_0 - h}{d_0}} = KH_{c1}. \quad (5)$$

Таким образом, ограничение движения инерционного тела в соответствии с выражением (1) не позволяет при возможном ускорении превысить поле H_{c1} , в результате исключается возможность захвата магнитного потока инерционным телом, после уменьшения ускорения магнитный подвес остается работоспособным. При действии большого ускорения инерционное тело может касаться несверхпроводящим слоем поверхности катушки.

Кроме исключения возможности нарушения нормального функционирования подвеса, предлагаемое техническое решение позволяет обеспечить демпфирование за счет изменения при движении инерционного тела магнитного потока через несверхпроводящий материал покрытия. Возможность обеспечения демпфирования в сверхпроводящем магнитном подвесе является самостоятельной, достаточно сложной проблемой и поэтому создает дополнительный положительный эффект.

Таким образом, использование данного устройства позволяет повысить надежность сверхпроводящего магнитного подвеса и обеспечивает пассивное его демпфирование.

Технико-экономическая эффективность предлагаемого решения заключается в повышении надежности и обеспечении демпфирования криогенных чувствительных элементов для изделий, в которых они применяются.

щего металла толщиной

$$h \geq \frac{H_0}{KH_{kp}} d_0,$$

где H_0 - номинальное значение напряженности магнитного поля при номинальном рабочем зазоре d_0 между короткозамкнутой катушкой и инерционным телом;

H_{kp} - критическое значение напряженности магнитного поля сверхпроводящего материала инерционного тела.

равное $H_{\text{к}}$ для сверхпроводника II рода:

K - коэффициент ограничения напряженности максимального магнитного поля ($K \leq 1$).

Редактор М. Стрельникова Составитель Т. Будина
Техред М. Моргентал Корректор Л. Пилипенко

Заказ 633

Тираж

Подписное

НПО "Поиск" Роспатента
113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., 4/5

Производственно-издательский комбинат "Патент", г. Ужгород, ул. Гагарина, 101